西双版纳地区六种林型地表蜘蛛多样性比较研究

郑　国[1,3]，杨效东[2]，李枢强[1,*]
(1. 中国科学院动物研究所，北京 100101；2. 中国科学院西双版纳热带植物园，云南勐腊 666303
3. 沈阳师范大学化学与生命科学学院，沈阳 110034)

摘要：为探索地表蜘蛛多样性及其变化与森林类型和管理方式的关系，在西双版纳勐仑自然保护区选择热带季节雨林、石灰山季节雨林和山地常绿阔叶林，在自然保护区附近选择人工纯林、胶茶群落和橡胶林，共6种林型，每种林型选择3块样带，共设置研究样地18块，分别于2006年12月上旬(雾凉季)、2007年3月下旬(干热季)和2007年7月上旬(雨季)，以单位地表面积法收集地表蜘蛛的物种组成和数量数据，并以蜘蛛种类和数量分布为属性进行典范对应分析(CCA)，探讨不同类型植被与地表蜘蛛多样性的关系。共采集蜘蛛标本9 849头，用于统计分析的成熟蜘蛛3 119头，归属于30科，其中幽灵蛛科、皿蛛科、球蛛科和小密蛛科是地表蜘蛛的优势类群。各林型科的数量为：热带季节雨林24科，石灰山季节雨林22科，山地常绿阔叶林22科，人工纯林20科，胶茶群落21科，橡胶林19科；各林型特有科数量：热带季节雨林2科，山地常绿阔叶林2科，橡胶林1科；而仅在雨林中分布的科4个(占全部30个科的13.3%)，仅在自然林中分布的科6个(20.0%)，仅在人工林中分布的科1个(3.3%)。从蜘蛛的数量分布看，个体密度在热带季节雨林显著高于其他5种林型；橡胶林多样性指数和丰富度指数显著低于3种自然林，而均匀度指数的最低值也同样在橡胶林出现。CCA分析和聚类分析的结果表明，6种林型趋于分成2组，即：自然林和人工林；在自然林中两种次生林的相似程度更高；人工林中人工纯林(非橡胶林)与胶茶群落的相似程度更高。以上结果表明：(1)森林砍伐后种植人工林措施改变了该地区地表蜘蛛群落的物种分布格局；(2)蜘蛛多样性随着人为干扰程度增加有减少的趋势；(3)减少人为干扰和增加植被群落多样性(橡胶林中种植茶树)对保护和恢复物种多样性有重要意义。

关键词：蜘蛛；物种丰富度；热带雨林；人工群落；森林简单化；人为干扰
中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2009)08-0875-10

Biodiversity of ground-dwelling spider in six forest types in Xishuangbanna, S. W. China

ZHENG Guo[1,3], YANG Xiao-Dong[2], LI Shu-Qiang[1,*] (1. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla, Yunnan 666303, China; 3. College of Chemistry and Life Science, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China)

Abstract: The composition and distribution of ground-dwelling spider were investigated using small plot direct searching method to assess the impact of forest type and habitat management on spider diversity. Six forest types in Xishuangbanna, Yunnan Province, southwestern China were surveyed, *i. e.*, the tropical seasonal rain forest, limestone tropical seasonal rain forest, tropical montane evergreen broad-leaved forest, artificial forest, rubber-tea community and rubber plantation. A total of 18 plots (three repetitions for each forest type) were surveyed during three field trips in December 2006, March and July 2007. The relationships between forest type and spider diversity were explored using canonical correspondence analysis (CCA). A total of 9 849 individual spiders were collected from various habitats, of which 3 119 are identifiable adults representing 30 families. The most abundant families of ground-dwelling spider are Pholcidae, Linyphiidae, Theridiidae and Mysmenidae (62.2% of total species counts). Of the six forest types, 24 families were collected from the tropical seasonal rain forest including two endemic families; 22

基金项目：国家自然科学基金面上项目(NSFC-30370263)；国家基础科学人才培养基金(动物分类学特殊学科点，NSFC-J0630964/J0109)
作者简介：郑国，男，1973年生，辽宁法库人，副教授，主要从事蜘蛛多样性和生态学研究
*通信作者 Author for correspondence, E-mail: lisq@ioz.ac.cn
收稿日期 Received: 2008-11-10；接受日期 Accepted: 2009-04-29

families were collected from the limestone tropical seasonal rain forest; 22 families were collected from the tropical montane evergreen broad-leaved forest including two endemic families; 20 families were collected from the artificial forest; 21 families were collected from the rubber-tea community; and 19 families were collected from the rubber plantation including one endemic family. There are four families (13.3% of the total 30 families recorded) endemic to two types of rain forest, six families (20.0%) endemic to three types of natural forest, and one family (3.3%) endemic to plantations. Abundance of ground-dwelling spider in the tropical seasonal rain forest is significant higher than the remaining five types of forest. Shannon-Wiener (H') index and Margalef index (D_{mg}) in the rubber plantation are significant lower than the three types of natural forest, and Pielou index (J) is also the lowest in the rubber plantation. The results of CCA and cluster analysis indicated that natural forests and plantations are well differentiated. In the group of natural forests, the tropical seasonal rain forest plots are well separated from two types of secondary forest plots. In the other group, the rubber plantation plots are well separated from the artificial forest and the rubber-tea community plots. The results suggested that: (1) human-management has an strong impact on ground-dwelling spider composition; (2) spider diversity decreases along with the increase of anthropogenic disturbance; and (3) reducing anthropogenic disturbance and increasing plant community diversity (*e. g.*, plant tea tree in rubber plantation) is a meaningful way to conserve and restore biodiversity.

Key words: Ground-dwelling spider; species richness; tropical rain forest; plantation; forest simplification; anthropogenic disturbance

蜘蛛是陆地生态系统中最丰富的捕食性天敌(Nyffeler and Benz, 1987; Nyffeler, 2000),在维持农林生态系统稳定中的作用不容忽视。我国农林生态系统中的蜘蛛资源丰富(赵敬钊, 1993; 颜亨梅等, 1996; 尹长民, 1999),以蛛治虫在生物防治中已初见成效(尹长民等, 1997)。同时,作为食物链高层成员,蜘蛛群落结构容易受到人为干扰和植被结构变化的影响(Hsieh *et al.*, 2003),蜘蛛的组成和数量变化对检测环境变化有重要指示作用(Bultman and Uetz, 1982; Marc and Canard, 1997; Huhta, 2002)。人类的管理方式对生物多样性以及整个生态系统的影响受到人们的广泛关注(Niemelä *et al.*, 1993; Magura *et al.*, 2000; Hsieh *et al.*, 2003; Yu *et al.*, 2004; Oxbrougha *et al.*, 2005; Yu *et al.*, 2006; Yu *et al.*, 2008),通过比较不同类型和管理方式的森林中地表蜘蛛组成和数量与原始林之间的差异,可以判断所采取的林业管理措施对生物多样性的影响,也可以检测生态环境的质量及其变化趋势,从而指导森林管理和生态恢复工作。

西双版纳是具有国际意义的陆地生物多样性关键地区之一(陈灵芝, 1993),在约占全国0.2%面积的土地上,分布着102种兽类(约占全国总数的1/4)、427种鸟类(约占全国总数的1/3)、74种爬行类(约占全国总数的1/5)、52种两栖类(约占全国总数的1/5)、100多种淡水鱼类(约占全国总数的1/10)、以及4 000多种高等植物(占全国的7%)(陈灵芝, 1993)。西双版纳热带雨林是特殊的、罕见的、不可替代的,也是濒危的热带雨林,具有极高的保护价值(杨清等, 2006)。然而,人为干扰加剧使西双版纳热带雨林的面积急剧下降,自然林覆盖率从1950年的63%降到1985年的34%(许建初, 2000),取而代之的是大面积的橡胶林。人为干扰是生态系统和生物多样性保护的重要威胁已经得到了证明(Whitmore and Sayer, 1992),所以,正确评估西双版纳地区生物多样性的现状和变化、揭示森林皆伐后种植人工林行为对生态系统内生物多样性和群落结构的影响、探讨不同林地类型生态系统的稳定性和变化特征,是更好地保护和利用热带雨林的前提和基础。

到目前为止,对于西双版纳地区动物多样性研究比较多的是昆虫(杨效东等, 2001; 杨效东, 2004),另外还有鸟类(江望高等, 1998)、啮齿类(孟令曾和高秀霞, 2007)和软体动物(陈德牛等, 1997)等。但是,该地区对于蜘蛛多样性方面的研究还仅停留在分类研究阶段(Li and Wunderlich 2008; Lin and Li, 2008a, 2008b, 2008c; Marusik *et al.*, 2008a, 2008b),对于蜘蛛在不同生态系统中的地位和功能缺少系统研究。为了揭示不同森林类型和人为干扰程度对蜘蛛多样性、群落组成和季节变化的影响,并探讨该地区生物多样性的基本状况和

变化趋势，我们于 2006 年 12 月至 2007 年 7 月间，对西双版纳地区的 6 种常见林型中蜘蛛的群落组成和多样性变化进行了比较研究，结果整理如下。

1　研究样地与方法

1.1　研究地点

本研究在西双版纳勐仑镇(21°54′ ~ 21°58′ N, 101°11′ ~ 101°17′ E)进行。该地区属于西南季风控制区，终年温暖，无明显四季之分。考虑到降水和温度、湿度的差异，全年可分为干热季(3 – 4 月)、雨季(5 – 10月)和雾凉季(11 – 翌年 2 月)(张克映，1966)。年均降雨量 1 539 mm，其中 82% 来自雨季(5 – 10月)，18% 来自干季(11 – 翌年 4 月)，年均温 21.4℃ (Cao and Zhang, 1997)。

选择该地区常见的 6 种森林群落类型(以下简称林型)，包括 3 种自然林(热带季节雨林、石灰山季节雨林、山地常绿阔叶林)和 3 种人工林(人工纯林、胶茶群落、橡胶林)。热带季节雨林为原始雨林，一般有 3 ~ 4 个明显的乔木层，植物多样性高、附生植物和藤本植物丰富；石灰山季节雨林和山地常绿阔叶林为遭到破坏后自然恢复的次生林，乔木有 2 个明显的层次，附生植物和藤本植物较少；人工纯林为山桂花 *Paramichelia baillonii* 林或滇银柴林 *Aporusa yunnanensis*，幼灌层植被较少，由于乔木层覆盖率较低，因此草本层茂盛；胶茶群落和橡胶林的乔木层覆盖率与人工纯林相似，但是，由于定期除草和频繁的农事操作使得草本层植被覆盖率较低(6 种林型及其不同季节的信息详见表 1)。样地设置参照 Oxbrougha 等(2005)的方法，每种林型选择 3 块有代表性的样带，共 18 块研究样地。相同林型样带间距离约 1 000 m，每块样带面积约 2.5 ha，与样地边缘的距离大于 50 m，以消除边缘效应的影响。

表 1　本研究调查的西双版纳勐仑镇 6 种林型的特征

Table 1　Characteristics of six types of forest investigated in this study in Menglun Town, Xishuangbanna

	TSRF	LSRF	MEBF	AF	RTC	RP
林龄 Years (yr.)	>150	>50	–40	–25	–30	–30
高度 Height (m)	35 – 45	30 – 40	22 – 25	26 – 34	18 – 22	20 – 25
乔木盖度(%)* Tree coverage	79/73	86/70	69/58	65/50	65/32	63/30
幼灌层(%)* Shrub coverage	60/58	35/33	48/41	25/18	59/35	—
草本层(%)* Herb coverage	55/43	25/6	41/9	97/94	37/23	30/19
凋落物厚度(cm)* Leaf litter depth	1.7/2.4	1.1/5.1	1.7/2.2	1.3/1.2	5/9.8	3/9.8
土壤湿度* Soil moisture	高 High /低 Low	高 High /低 Low	高 High /低 Low	高 High /低 Low	高 High /低 Low	高 High /低 Low
管理 Management	无 Little	无 Little	无 Little	无 Little	割胶、采茶和除草 Latex harvesting, tea picking and weeding periodically	割胶和除草 Latex harvesting and weeding periodically
干扰 Disturbance	低 Low	低 Low	低 Low	中度 Medium	高 High	高 High

* 分别为雨季/干热季的数据 Rainy season/dry season data, respectively. TSRF：热带季节雨林 Tropical seasonal rain forest；LSRF：石灰山季节雨林 Limestone tropical seasonal rain forest；MEBF：山地常绿阔叶林 Tropical montane evergreen broad-leaved forest；AF：人工纯林 Artificial forest；RTC：胶茶群落 Rubber-tea community；RP：橡胶林 Rubber plantation. 下同 The same below.

1.2 取样方法和标本鉴定

本研究采用单位地表面积法采集地表蜘蛛。使用4块长50 cm、宽15 cm的钢板，在试验样方的特定区域内随机选取4个采集点（避免选择多石块或裸地等极端生境）。确定采集点后迅速将4块钢板合拢，将小样方内的凋落物全部收集（带回实验室内分检），然后，目测采集小样方内遗漏的蜘蛛。每个采集点采集的面积为0.5 m^2。取样时间为2006年12月6－12日（雾凉季），2007年3月18－24日（干热季）和2007年7月3－12日（雨季）。蜘蛛物种的鉴定依据Platnick（2008）分类系统。

1.3 数据分析

物种多样性分析采用Shannon-Wiener多样性指数（H'），$H' = -\sum P_i \ln P_i$，$P_i = n_i / N$，为样品中第i种个体数占总个体数N的比例；均匀度采用Pielou指数，即：$J = H' / \ln S$（马克平和刘玉明，1994）；物种丰富度采用Margalef物种丰富度指数（D_{mg}），即：$D_{mg} = (S - 1) / \ln N$，S为物种数量（Magurran，1988）。同时采用EstimateS（Colwell，2006）软件比较各林型的蜘蛛科的积累曲线。

采用CANOCO 4.5（ter Braak，1986）软件对包括所有样地每个科中全部成熟蜘蛛的数据和18块样地的6种林型进行典范对应分析（Canonical correspondence analysis，CCA），描述蜘蛛分布的梯度变化，将生成的数据文件（*.sol）应用CANODRAW 4.5作图。另外，采用PAST（Hammer *et al*.，2009）软件，以地表蜘蛛的组成和数量分布为属性，基于Bray-Curtis相似性系数，采用组间联法，对18块样地进行聚类分析。

所有统计用数据的方差齐性和正态分布分别使用Levene's和Kolmogorov-Smirnov方法进行检测。不同林型间蜘蛛多样性各项指标的比较，以及蜘蛛的单位捕获量的比较主要通过单因素方差分析（One-way ANOVA）和最小显著法（LSD）进行检验，使用数理统计软件SPSS 15.0完成（SPSS Inc. USA）。

2 结果

2.1 蜘蛛的组成及分布

经过初步鉴定和数量统计，共采集蜘蛛标本9 849头，其中成蛛3 119头，归属于30科。在所有成蛛标本中，幽灵蛛科个体数量最多，有标本545头（17.5%）；皿蛛科次之，有标本482头（15.5%）；球蛛科再次，有标本470头（15.1%）；另外，小密蛛科有标本440头（14.1%）。这4个科为数量最丰富的类群，占总数的62.1%（表2）。

在所有30科中，热带季节雨林特有科2个，山地常绿阔叶林特有科2个，橡胶林特有科1个，石灰山季节雨林、人工纯林和胶茶群落没有特有科；而仅在雨林中分布的科4个（13.8%），仅分布在自然林的科6个（20.7%），仅分布在人工林的科只1个（3.3%）。说明自然林、特别是原始热带季节雨林植物多样性丰富、空间结构复杂多样，人为干扰较少，整个生态系统相对稳定，蜘蛛物种多样性丰富；人工林、特别是橡胶林强烈的人为干扰活动造成了植被和环境条件的改变，导致了部分地表蜘蛛物种的丧失。

2.2 多样性分析

比较6种林型的各种多样性指数，可以发现6种林型蜘蛛科的数量及Margalef物种丰富度指数（D_{mg}）有随着人为干扰程度增加而逐渐降低的趋势；同时，热带季节雨林与3种人工林之间物种丰富度指数的差异、以及橡胶林与3种自然林之间物种丰富度指数的差异具有统计学意义（$F = 3.497$，$df = 5$，$P < 0.01$）；热带季节雨林蜘蛛的个体密度与其他5种林型之间的差异具有统计学意义（$F = 3.166$，$df = 5$，$P < 0.05$），最低值出现在胶茶群落；Shannon-Weiner多样性指数（H'）除人工纯林与橡胶林差异不显著外，其他4种林型与橡胶林之间的差异具有统计学意义（$F = 3.717$，$df = 5$，$P < 0.01$）；均匀度指数（J）仍然在橡胶林出现最低值，石灰山季节雨林、山地常绿阔叶林和胶茶群落3种林型与橡胶林之间的差异、以及热带季节雨林与石灰山季节雨林之间的差异具有统计学意义（$F = 3.741$，$df = 5$，$P < 0.01$）（表3）。稀薄曲线表明：在植被群落结构最复杂、人为干扰程度最轻的热带季节雨林蜘蛛多样性最高；在植被群落结构最简单、人为干扰程度最重的橡胶林蜘蛛多样性最低。人为干扰程度和植被群落结构比较相近的3种自然林之间蜘蛛多样性比较接近；在3种人工林中，胶茶群落中的蜘蛛多样性更接近自然林。另外，该曲线没有接近渐近线，说明如果继续增加取样蜘蛛的种类还会增加（图1）。

表 2 西双版纳 6 种林型地表蜘蛛各科的个体数量及比例

Table 2 Total individual number and proportions of different ground-dwelling spider families collected from the six forest types in Xishuangbanna

科 Family	TSRF	LSRF	MEBF	AF	RTC	RP	总计 Total	百分比 Percentage (%)
幽灵蛛科 Pholcidae	75	106	143	109	68	44	545	17.47
皿蛛科 Linyphiidae	44	7	50	80	64	237	482	15.45
球蛛科 Theridiidae	120	57	123	82	41	47	470	15.07
小密蛛科 Mysmenidae	212	16	60	37	16	99	440	14.11
卵形蛛科 Oonopidae	22	63	17	30	56	35	223	7.15
圆颚蛛科 Corinnidae	31	23	17	8	36	30	145	4.65
栅蛛科 Hahniidae	9	28	36	11	27	13	124	3.98
跳蛛科 Salticidae	10	30	8	27	21	8	104	3.33
狼蛛科 Lycosidae	28	12	15	15	7	15	92	2.95
花洞蛛科 Ochyroceratidae	63	26	0	0	0	0	89	2.85
漏斗蛛科 Agelenidae	11	5	10	37	1	3	67	2.15
花皮蛛科 Scytodidae	25	11	15	9	5	1	66	2.12
拟平腹蛛科 Zodariidae	15	25	7	6	2	2	57	1.83
类球蛛科 Nesticidae	32	5	4	1	0	2	44	1.41
合螯蛛科 Symphytognathidae	1	0	4	21	13	3	42	1.35
古蛛亚目 Mygalomorphae	8	4	4	2	2	4	24	0.77
巨蟹蛛科 Spassidae	6	7	6	0	3	0	22	0.71
栉足蛛科 Ctenidae	7	1	1	0	0	5	14	0.45
蟹蛛科 Thomisidae	0	4	1	3	4	1	13	0.42
管巢蛛科 Clubionidae	3	3	2	1	2	0	11	0.35
园蛛科 Araneidae	1	0	0	2	4	2	9	0.29
平腹蛛科 Gnaphosidae	0	2	0	1	5	0	8	0.26
隐石蛛科 Titanoecidae	0	1	0	1	5	0	7	0.22
猫蛛科 Oxyopidae	0	0	0	0	0	7	7	0.22
斯坦蛛科 Stenochilidae	1	0	1	0	3	0	5	0.16
肖蛸蛛科 Tetragnathidae	3	1	0	0	0	0	4	0.13
泰来蛛科 Telemidae	0	0	2	0	0	0	2	0.06
卷叶蛛科 Dictynidae	0	0	1	0	0	0	1	0.03
类石蛛科 Segestriidae	1	0	0	0	0	0	1	0.03
球体蛛科 Theridiosomatidae	1	0	0	0	0	0	1	0.03
个体数量合计 Total individuals	729	437	527	483	385	558	3 119	100
科数量合计 Total number of families	24	22	22	20	21	19	30	

表 3 西双版纳 6 种林型间蜘蛛科数量、个体密度、Shannon-Weiner 多样性指数、Simpson's 多样性指数、丰富度指数和均匀度指数的平均值(±标准误)比较

Table 3 Number of spider families and mean (± *SE*) density, Shannon-Weiner function (H'), Simpson's index (D), Richness (D_{mg}) and Evenness (J) of sampling plots in four habitats and the results of ANOVA test and Fisher's LSD mean comparisons among six forest types in Xishuangbanna

	科数量 Family	个体密度 Density	多样性指数 Diversity (H')	丰富度指数 Richness (D_{mg})	均匀度指数 Evenness (J)
TSRF	24	42.22 ± 4.85^{a}	1.94 ± 0.04^{a}	2.84 ± 0.12^{a}	0.49 ± 0.02^{ac}
LSRF	22	27.29 ± 2.73^{b}	1.95 ± 0.05^{a}	2.56 ± 0.12^{ab}	0.57 ± 0.03^{b}
MEBF	22	29.28 ± 3.85^{b}	1.90 ± 0.08^{a}	2.53 ± 0.21^{ab}	0.52 ± 0.03^{ab}
AF	20	26.83 ± 3.07^{b}	1.78 ± 0.07^{ab}	2.22 ± 0.16^{bc}	0.50 ± 0.02^{abc}
RTC	21	21.39 ± 2.11^{b}	1.88 ± 0.06^{a}	2.40 ± 0.15^{bc}	0.56 ± 0.02^{ab}
RP	19	31.00 ± 4.00^{b}	1.58 ± 0.11^{b}	2.02 ± 0.13^{c}	0.43 ± 0.03^{c}
F	–	3.166	3.717	3.497	3.741
P	–	< 0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01

同列数据上标不同字母表示差异显著 Data within a row followed by different superscript are significantly different ($P > 0.05$).

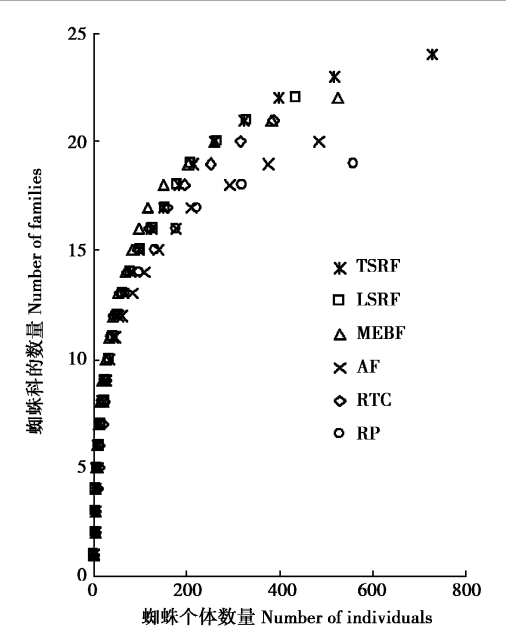


图 1　西双版纳 6 种林型地表蜘蛛的稀薄曲线

Fig. 1　Rarefaction curves of ground-dwelling spider in six habitats types in Xishuangbanna

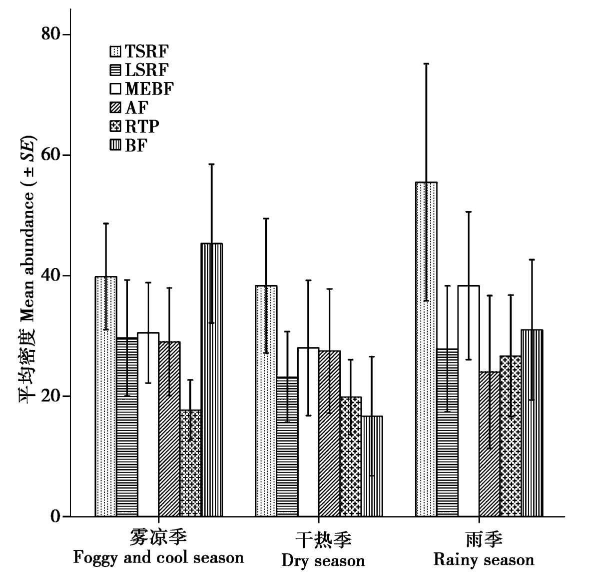


图 2　地表蜘蛛密度(± *SE*)在西双版纳 6 种林型的季节变化

Fig. 2　The variations of mean abundance (± *SE*) of ground-dwelling spider in six forest types in Xishuangbanna

2.3　蜘蛛组成的季节变化

地表蜘蛛组成和数量分布在不同季节之间差异较大，所有林型中蜘蛛科的数量从雾凉季的 24 个科，增加到干热季的 29 个科，而雨季又回落到 26 个科。热带季节雨林、山地常绿阔叶林和胶茶群落中蜘蛛的个体密度在雨季达到最高，雾凉季和干热季比较接近；而石灰山季节雨林、人工纯林和橡胶林中蜘蛛的个体密度的最高值均出现在干热季。在所有数据中，仅橡胶林的蜘蛛密度在 3 个季节之间差异具有统计学意义($F = 7.342$, $df = 5$, $P < 0.01$)，其余均不显著($P > 0.05$)(图 2)。雾凉季地表蜘蛛的优势类群(>10%)有 3 个，分别为小密蛛科 (20.2%)，幽灵蛛科 (19.1%) 和球蛛科 (14.4%)；干热季的优势类群有 4 个，分别为皿蛛科 (22.9%)，幽灵蛛科 (14.6%)，球蛛科 (14.0%)和小密蛛科(13.6%)；雨季的优势类群也有 4 个，分别为幽灵蛛科 (19.2%)，球蛛科 (16.8%)，皿蛛科(14.5%)和卵形蛛科(11.0%)。可见，在西双版纳地区地表蜘蛛群落中最稳定的优势类群是幽灵蛛科和球蛛科；皿蛛科和小密蛛科的季节消长现象明显，皿蛛科在干热季个体数量比例最高，雨季次之，在雾凉季最低(7.2%)；小密蛛科则在雾凉季个体数量比例最高，干热季次之，在雨季最低(9.3%)。

2.4　群落相似性分析

典范对应分析(图 3)图中第一轴解释了蜘蛛科组成 19.1% 的变异，同时，将 3 种人工林和 3 种自然林区分开来。这个分析的结果表明不同土地利用方式和人为干扰程度对蜘蛛的组成影响较大，受到人为干扰程度相似的林型蜘蛛组成相近。第二轴解释了蜘蛛科组成 17.6% 的变异，同时，将人为干扰程度最轻的热带季节雨林和人为干扰程度最重的橡胶林与其他 4 种林型区分开来。在恢复时间和人为干扰相似的石灰山季节雨林与山地常绿阔叶林之间、以及人工纯林和胶茶群落之间的蜘蛛群落组成相似。第一轴蜘蛛和环境之间的相关系数为 0.95，第二轴为 0.93。排序采用 Monte-Carlo 模拟排列(499 次)，说明蜘蛛在图中的排列不是随机的(第一轴，$F = 2.919$, $P < 0.01$；全部轴，$F = 2.553$, $P < 0.01$)。

最常见的种类分布在图 3 的原点附近，表明在各林型中分布较为均匀。4 个优势科在图中被标记为粗体，占蜘蛛个体总数的 62.1% ，幽灵蛛科和球蛛科在各林型中的分布较均匀；皿蛛科更倾向于选择受到干扰最强的橡胶林；而小密蛛科主要分布在热带季节雨林，其次分布在橡胶林。另外，图中可见蜘蛛的分布沿着热带季节雨林箭头的方向延伸得比较长，说明在热带季节雨林中分布着比较多的稀有科(Shochat *et al*., 2004)。

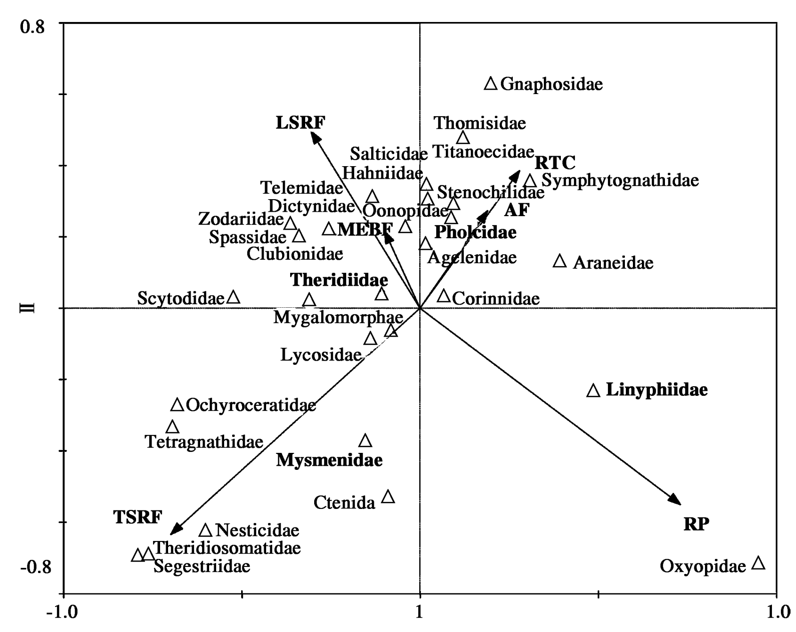


图 3　西双版纳 30 种地表蜘蛛与 6 种林型关系的 CCA 二维排序图

Fig. 3　Ordination diagram of the first two axes of canonical correspondence analysis for 30 spider families and six forest types in Xishuangbanna used as dummy variables

箭头表示环境因素变化最大的方向；占蜘蛛个体总数 62.1% 的 4 种优势科用黑体表示。Arrows represent directions of greatest change in environmental variables. The four most common families, making up 62.1% of all spiders, are boldface.

以蜘蛛的种类和数量为属性对 18 块研究样地的聚类分析结果(图 4)也表明，石灰山季节雨林与山地常绿阔叶林相似程度较高，人工纯林和胶茶群落的相似程度较高，橡胶林与其他 5 种林型的相似程度最低(图 4)。

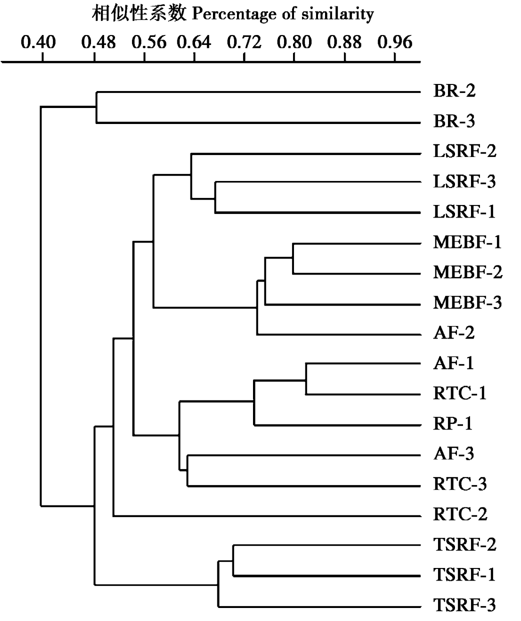


图 4　以地表蜘蛛为属性对西双版纳不同林型 18 块样地的聚类分析图

Fig. 4　Dendrogram based on the ground-dwelling spider assemblages in the 18 sites surveyed of six forest types in Xishuangbanna

3　讨论

3.1　地表蜘蛛组成

西双版纳地区地表蜘蛛的组成和数量分布方面与其他地区的研究结果有所区别。Hsieh 等(2003)使用陷阱法对台湾相同纬度地区地表蜘蛛的研究结果显示占优势数量的科为皿蛛科和狼蛛科，占成蛛个体总数的 63.5%。姜双林和李博萍(2006)使用陷阱法对甘肃子午岭地区 3 种森林植被中地表蜘蛛的研究结果表明占优势数量的科为皿蛛科、平腹蛛科和科狼蛛科，占成蛛个体总数的 60% 以上。西双版纳地区地表蜘蛛占优势数量的科依次为幽灵蛛科、皿蛛科、球蛛科和小密蛛科，占成蛛个体总数的 62.2%。差异的产生除受植被、气候和环境等因素影响外，采集方法不同可能也是一个重要原因。

比较 6 种林型地表蜘蛛的组成，可以发现幽灵蛛科和球蛛科是除橡胶林以外 5 种林型中数量占优势的科，说明这两个科的蜘蛛更喜欢生境复杂、人为干扰少的环境。皿蛛科在 3 种人工林、特别是橡胶林中是数量占优势的类群，表明皿蛛能够适应相对简单、开放、人为干扰强的生境。这一结果支持 Nentwig(1988)和 Shochat 等(2004)的观点，即皿蛛科蜘蛛能够适应人为干扰较强的生境，并作为先锋

物种在这种生境中成为优势类群。小密蛛个体微小，体长均在 1 mm 左右，生存活动所需要的空间很小，没有表现出明显的受林型和人为干扰影响。石灰山松散、多缝隙的土壤结构和茶树下松软的土壤环境，是卵形蛛成为石灰山季节雨林和胶茶群落中数量占优势的科之一的重要原因。

3.2 多样性分析

研究结果表明，地表蜘蛛多样性随着植被结构的简单化和人为干扰的加强而趋于降低，并导致了地表蜘蛛群落的不稳定，一些偏好复杂、无人为干扰生境的类群在人工林中消失。如：自然林中 20.4% 的科已经在人工林中消失。而少数能够适应这样环境的物种种群数量迅速上升，成为主导蜘蛛种群消长的重要因素，如：橡胶林中皿蛛科。

地表蜘蛛群落的数量组成和分布特点在自然林和人工林之间表现出了比较明显的差异。从整体上看，自然林在科的数量、个体密度、多样性指数(H')、丰富度指数(D_{mg})和均匀度指数(J)都高于人工林，说明森林简单化和人为干扰已经严重的降低了生物多样性。这一结果与宋大祥等(1992)对梵净山和张家界地区蜘蛛调查研究结果相符，即森林区域中各生境蜘蛛群落结构优于同一水平带内的农业耕作区中的各群落结构；Pinkus-Rendón等(2006)也认为，相对复杂的生境条件能够保持更高的蜘蛛多样性。

比较 3 种自然森林发现，热带季节雨林与其他 2 种次生林地表蜘蛛多样性的差异更大，说明在进行生态保护和恢复的过程中，保护原始天然森林植被对生物多样性的保护有重要意义。对 3 种人工林比较的结果表明，橡胶林与其他 2 种林型的差异更大、胶茶群落的多样性指数(H')、丰富度指数(D_{mg})和均匀度指数(J)与自然林更接近。说明森林皆伐和人为干扰对环境造成了较大影响，同时，也说明橡胶林种植茶树能够改善地表层生境的条件，能够保护和维持地表蜘蛛多样性。

3.3 群落相似性分析

自然林植被群落结构复杂、林下幼灌层和草本层植物种类丰富、湿度大、光照少、人为干扰少，更适合喜欢郁闭和无人为干扰环境的蜘蛛生存。人工林植被群落结构相对简单、太阳辐射较强、特别是胶茶群落和橡胶林受到的人为干扰频繁，对地表蜘蛛群落分布格局有较大影响，利于喜欢开放和多人为干扰环境的蜘蛛生存，地表蜘蛛组成趋于简单化，多样性降低。从 CCA 和聚类分析的结果看，人工林与自然林能够比较清楚的区分，说明人工林、特别是橡胶林不能够取代自然林的作用。该结果支持于晓东等(2002)对东灵山地区地表甲虫的研究结果，即植被类型和干扰程度是决定该地区物种分布和数量组成的关键因素。比较 3 种人工林可以发现，虽然胶茶群落接受了与橡胶林几乎同等强度的人为干扰，但是，由于茶树相对密集的低矮灌木层的小环境，增加了茶树下的空间结构、地表层土壤湿度、凋落物覆盖率和凋落物厚度，并且减少了人类活动对茶树下小环境的干扰。因此，胶茶群落中地表蜘蛛在科的数量、多样性指数，丰富度指数和均匀度指数等方面均高于橡胶林和处于中度干扰的人工纯林。

综上所述，不同林型内的物理因素差异和人为干扰程度的差异在很大程度上决定了地表蜘蛛的组成和数量分布，合理进行生态恢复，增加森林植被群落结构(如橡胶林种植茶树)，减少人为干扰，对保持地表蜘蛛多样性具有重要意义。

参 考 文 献 (References)

Bultman TL, Uetz GW, 1982. Abundance and community structure of forest floor spiders following litter manipulation. *Oecologia*, 55: 34 – 41.

Cao M, Zhang JH, 1997. Tree species diversity of tropical forest vegetation in Xishuangbanna, SW China. *Biodiversity and Conservation*, 6: 995 – 1 006.

Chen DN, Yang LL, Zhang GQ, 1997. Species diversity of terrestrial molluskes in different habitats in Xishuangbanna tropical forest region. *Biodiversity Science*, 5(1): 5 – 13. [陈德牛, 杨龙龙, 张国庆, 1997. 西双版纳热带雨林地区不同生境陆生软体动物多样性研究. 生物多样性, 5(1): 5 – 13]

Chen LZ, 1993. Current Status and Conservation Strategy of Biodiversity in China. Science Press, Beijing. 164 – 205. [陈灵芝, 1993. 中国的生物多样性现状及其保护对策. 北京: 科学出版社. 164 – 205]

Colwell RK, 2006. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 7.5. User's Guide and Application. Published at: http: // viceroy. eeb. uconn. edu/ estimates.

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD, 2009. PAST-PAlaeontological STatistics, ver. 1.88. Published at: http://folk. uio. no/ohammer/ past/.

Hsieh YL, Lin YS, Tso IM, 2003. Ground spider diversity in the Kenting uplifted coral reef forest, Taiwan: a comparison between habitats receiving various disturbances. *Biodiversity and Conservation*, 12: 2 173 – 2 194.

Huhta V, 2002. Soil macroarthropod communities in planted birch stands in comparison with natural forests in central Finland. *Applied Soil Ecology*, 20: 199 – 209.

Jiang SL, Li BP, 2006. Composition and distribution of soil spider assemblages in three natural secondary forests in Ziwuling, Gansu. *Zoological Research*, 27(6): 569 - 574. [姜双林, 李博萍, 2006. 甘肃子午岭天然次生林区三种植被类型中土壤蜘蛛群落的组成及多样性. 动物学研究, 27(6): 569 - 574]

Jiang WG, Wen XJ, Yang XJ, Yang L, 1998. The first report on bird diversity in Xishuangbanna. *Zoological Research*, 19(4): 282 - 288. [江望高, 文贤继, 杨晓君, 杨岚, 1998. 西双版纳部分地区鸟类多样性初步考察. 动物学研究, 19(4): 282 - 288]

Li SQ, Wunderlich J, 2008. Sinopimoidae, a new spider family from China (Arachnida, Araneae). *Acta Zootaxonomica Sinica*, 33(1): 1 - 6. [李枢强, Wunderlich J, 2008. 华模蛛科——采自中国的蜘蛛目一新科(蛛形纲: 蜘蛛目). 动物分类学报, 33(1): 1 - 6]

Lin YC, Li SQ, 2008a. A new species of the family Telemidae (Arachnida, Araneae) from Xishuangbanna rainforest, China. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 33(4): 650 - 653. [林玉成, 李枢强, 2008. 西双版纳热带雨林泰莱蛛科一新种记述(蛛形纲: 蜘蛛目). 动物分类学报, 33(4): 650 - 653]

Lin YC, Li SQ, 2008b. Description on a new *Philoponella* species (Araneae, Uloboridae), the first record of social spiders from China. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 33(2): 260 - 263. [林玉成, 李枢强, 2008. 中国妩蛛科一种社会性蜘蛛初报及新种记述(蜘蛛目: 妩蛛科). 动物分类学报, 33(2): 260 - 263]

Lin YC, Li SQ, 2008c. Mysmenid spiders of China (Araneae: Mysmenidae). *Annales Zoologici*, 58(3): 487 - 520.

Ma KP, Liu YM, 1994. Measurement of biotic community diversity I: α diversity (Part 2). *Biodiversity Science*, 2(4): 231 - 239. [马克平, 刘玉明, 1994. 生物群落多样性的测度方法 I: α 多样性的测度方法(下). 生物多样性, 2(4): 231 - 239]

Magura T, Tóthmérész B, Bordán ZS, 2000. Effects of nature management practice on carabid assemblages (Coleoptera: Carabidae) in a non-native plantation. *Biological Conservation*, 93: 95 - 102.

Magurran AE, 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. Chapmanand Hall.

Marc P, Canard A, 1997. Maintaining spider biodiversity in agroecosystems as a tool in pest control. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 62: 229 - 235.

Marusik Y, Zheng G, Li SQ, 2008a. A review of the genus *Patratus* Simon (Araneae, Dinycha). *Zootaxa*, 1 965: 50 - 60.

Marusik YM, Zheng G, Li SQ, 2008b. First description of the female of *Echinax panache* Deeleman-Reinhold, 2001 (Aranei: Corinnidae: Castianeirinae). *Arthropoda Selecata*, 17(3 - 4): 165 - 168.

Meng LZ, Gao XX, 2007. Species diversity of rat and ant at different habitats and sites in Xishuangbanna. *Chinese Journal of Ecology*, 26(6): 802 - 809. [孟令曾, 高秀霞, 2007. 西双版纳不同地点和生境鼠类及蚂蚁的多样性比较. 生态学杂志, 26(6): 802 - 809]

Nentwig W, 1988. Augmentation of beneficial arthropods by strip management: Succession of predacious arthropods and long term change in the ratio of phytophagous and predacious arthropods in a meadow. *Oecologia*, 76: 597 - 606.

Niemelä J, Langor D, Spence JR, 1993. Effects of clear-cut harvesting on boreal ground-beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) in western Canada. *Conservation Biology*, 7: 551 - 561.

Nyffeler M, 2000. Ecological impact of spider predation: a critical assessment of Bristowe's and Turnbull's estimates. *Bulletin of the British Arachnological Society*, 11: 367 - 373.

Nyffeler M, Benz G, 1987. Spiders in natural pest control: a review. *Journal of Applied Entomology*, 103: 321 - 339.

Oxbrougha AG, Gittingsa T, Hallorana JO, Gillera PS, Smith GF, 2005. Structural indicators of spider communities across the forest plantation cycle. *Forest Ecology and Management*, 212: 171 - 183.

Pinkus-Rendón MA, Leon-Cortes JL, Ibarra-Nunez G, 2006. Spider diversity in a tropical habitat gradient in Chiapas, Mexico. *Diversity and Distribution*, 12: 61 - 69.

Platnick NI, 2008. The World Spider Catalog, Version 8.5. American Museum of Natural History, online at http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/index.html (accessed: 21 January, 2008).

Shochat E, Stefano WL, Whitehouse MEA, Faeth SH, 2004. Urbanization and spider diversity: Influences of human modification of habitat structure and productivity. *Ecological Applications*, 14(1): 268 - 280.

Song DX, Yan HM, Zhu MS, 1992. On the structure and diversity of spider communities in mount Fanjing, Guizhou Province and Zhangjiajie Area, Hunan Province, China. *Acta Arachnologica Sinica*, 1(1): 47 - 57. [宋大祥, 颜亨梅, 朱明生, 1992. 梵净山和张家界地区蜘蛛群落结构及多样性研究. 蛛形学报, 1(1): 47 - 57]

ter Braak CJF, 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1 167 - 1 179.

Whitmore TC, Sayer JA, 1992. Tropical Deforestation and Species Extinction. Chapman and Hall, London. 1 - 153.

Xu JC, 2000. The swidden cultivation agro-ecosystem succession: From community point of view. *Chinese Journal of Ecology*, 19(6): 45 - 50. [许建初, 2000. 从社区林业的观点探讨西双版纳刀耕火种农业生态系统的演化. 生态学杂志, 19(6): 45 - 50]

Yan HM, Wang HQ, Yang HM, 1996. Species diversity of spiders in rice fields in China. In: Biodiversity Committee, the Chinese Aademy of Sciences, Department for Wildlife and Forest Plants Protection, the Ministry of Forestry ed. Advances in Biodiversity Research. Proceedings of the First National Symposium on the Conservation and Sustainable Use of Biodiversity. 440 - 445. [颜亨梅, 王洪全, 杨海明, 1996. 中国稻田蜘蛛多样性研究. 见: 中国科学院生物多样性委员会、林业部野生动物和森林植物保护司主编. 生物多样性研究进展. 首届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 440 - 445]

Yang Q, Han L, Chen J, Bai ZL, 2006. Strategy, protective status and value of tropical rain forestry in Xishuangbanna. *Journal of Guangxi Agricultural and Biological Science*, 25(4): 341 - 348. [杨清, 韩蕾, 陈进, 白志林, 2006. 西双版纳热带雨林的价值、保护现状

及其对策. 广西农业生物科学, 25(4): 341 – 348]

Yang XD, 2004. Dynamics and community structure of soil meso-microarthropods during leaf litter decomposition in tropical seasonal rain forests of Xishuangbanna, Yunnan. *Biodiversity Science*, 12 (2): 252 – 261. [杨效东, 2004. 热带季节雨林凋落叶分解过程中的中小型土壤肢动物的群落结构及动态. 生物多样性, 12 (2): 252 – 261]

Yang XD, She YP, Zhang ZY, Cao M, Deng XB, 2001. Studies on structure and diversity of ant groups in the fragmentary tropical rainforests of ' Holy Hills ' of Dai nationality in Xishuangbanna, China. *Acta Ecologica Sinica*, 21(8): 1 321 – 1 328. [杨效东, 余宇平, 张智英, 曹敏, 邓小保, 2001. 西双版纳傣族"龙山"片断热带雨林蚂蚁类群结构与多样性研究. 生态学报, 21(8): 1 321 – 1 328]

Yin CM, 1999. The survey of ecological study of Chinese spiders. *Acta Arachnologica Sinica*, 8(2): 122 – 127. [尹长民, 1999. 中国蜘蛛生态学研究概况. 蛛形学报, 8(2): 122 – 127]

Yin CM, Wang JF, Zhu MS, Xie LP, Peng XJ, Bao YH, 1997. Fauna Sinica, Arachnida, Araneae: Araneidae. Science Press, Beijing. 460pp. [尹长民, 王家福, 朱明生, 谢莉萍, 彭贤锦, 鲍幼惠, 1997. 中国动物志(蛛形纲, 蜘蛛目: 园蛛科). 北京: 科学出版社. 460 页]

Yu XD, Luo TH, Zhou HZ, 2002. Composition and seasonal dynamics of litter-layer beetle community in the Dongling Mountain region, North China. *Acta Entomologica Sinica*, 45(6): 785 – 793. [于晓东, 罗天宏, 周红章, 2002. 东灵山地区地表甲虫群落组成及季节变化. 昆虫学报, 45(6): 785 – 793]

Yu XD, Luo TH, Zhou HZ, 2004. *Carabus* (Coleoptera: Carabidae) assemblages of native forests and non-native plantations in Northern China. *Entomologica Fennica*, 15: 129 – 137.

Yu XD, Luo TH, Zhou HZ, 2006. Effects of carabid beetles among regenerating and natural forest types in Southwestern China. *Forest Ecology and Management*, 231: 169 – 177.

Yu XD, Luo TH, Zhou HZ, 2008. Distribution of carabid beetles among 40-year-old regenerating plantations and 100-year-old naturally regenerated forests in Southwestern China. *Forest Ecology and Management*, 255: 2 617 – 2 625.

Zhang KY, 1966. An analysis on the characteristics and forming factors of climates in the south part of Yunnan. *Acta Meteorologica Sinica*, 33(2): 210 – 230. [张克映, 1966. 滇南气候的特征及其形成因子的初步分析. 气象学报, 33(2): 210 – 230]

Zhao JZ, 1993. Spiders in the Cotton Fields in China. Wuhan Publishing House, Wuhan. 1 – 552. [赵敬钊, 1993. 中国棉田蜘蛛. 武汉: 武汉出版社. 1 – 552]

(责任编辑: 袁德成)